

# 「膠體溶液的帶電性與凝聚」的回饋與補充

施建輝

國立新竹科學園區實驗高級中學

教育部高中化學學科中心

[schemistry0120@gmail.com](mailto:schemistry0120@gmail.com)

## ■ 簡述回饋、更正及補充

針對《臺灣化學教育》第五期「膠體溶液的帶電性與凝聚」一文，簡述回饋、回應、更正及補充如下：

A. 回饋-1：以硫化砷說明「金屬的硫化物則帶負電」有不妥之處，因為砷為非金屬，不宜以此例說明「金屬的硫化物則帶負電」。

回應：非常感謝，應改為硫化鎘或硫化鋅等金屬硫化物才合適。

B. 回饋-2：膠體溶液的帶電性以吸附層、擴散層說明是膠體化學常有的說法，但是文中所附圖片都是呈現「單一離子」，似乎不妥，應該有其他離子被吸附，只是有量多量少的區別罷了。

回應：除膠核之結晶態結構僅能吸附特定粒子，吸附層與擴散層確實應該有帶不同電荷的離子被吸附，僅是數量有多有少，詳見圖 5。

C. 回饋-3：「氫氧化鐵溶膠：氯化鐵溶於水可製得氫氧化鐵溶膠」描述太簡略，因為將氯化鐵溶於水無法製得氫氧化鐵溶膠，應該是「氫氧化鐵溶膠：氯化鐵溶於沸水可製得氫氧化鐵溶膠」。

回應：謝謝告知，藉此各位讀者可了解如何配製氫氧化鐵溶膠，非常感謝。

D. 回饋-4：金屬的氫氧化物帶正電，金屬的硫化物則帶負電」不適用於某一反應物過量的情況，例如  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  膠體溶液，以  $\text{FeCl}_3$  與  $\text{KOH}$  配製時，若是  $\text{FeCl}_3$  過量，則氫氧化鐵溶膠帶正電；若是  $\text{KOH}$  過量，則氫氧化鐵溶膠帶負電。

回應：可參考課本原文「金屬的氫氧化物帶正電，金屬的硫化物則帶負電」僅適用於「氯化鐵溶於沸水製得氫氧化鐵溶膠」這種特例，若某一物質過量，即不適用此段文字。此一回饋將於後文中詳加論述。

E. 更正：膠核 (colloidal nucleus) 應包括結晶態 (aggregate) 吸附層中緊密吸附之與結構有關之離子，詳見圖 6。

F. 專有名詞英文更正：膠粒 (granule)，詳見圖 6。

G. 專有名詞英文增列：膠團 (micelle or colloidal particle)，詳見圖 6。

## ■ 翔實說明

「拋磚引玉」這句成語，在《臺灣化學教育》第五期「膠體溶液的帶電性與凝聚」一文獲得見證。該文章發表後，不久即收到我多年的老友，在高中化學老師中可說是學養相當豐富的老師，該老師對我的文章內容頗多肯定，但也指出一些闕漏之處，如上述回饋內容，對我有震聾啟聵之效，並提供參考文章供我閱讀，本人非常感佩。基於該位老師的特別叮嚀：「低調」，只好姑隱其名。本文將就這位老師提供的參考文章進行補遺的工作。

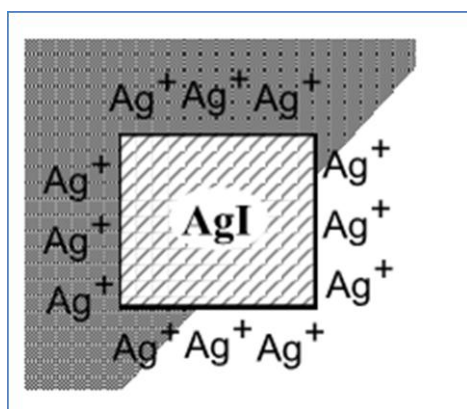


圖 1：AgI 的膠核先吸附過量的  $\text{Ag}^+$   
( 圖片來源：參考資料 1 的 Fig.17.1 )

根據 Panet-Fajans's rule: Only these ions, which are included in the structure of the insoluble salt crystal or those, that form insoluble compounds with the ions of opposite sign, included into the structure of crystal, can be adsorbed on the surface of an insoluble salt from solution. ( 見參考資料 1 )。此規則描述：僅僅被包含在難溶鹽結晶的結構中的離子，或者形成難溶化合物具有相反電荷的離子，能夠從溶液中被吸附在難溶鹽類的表面上。例如： $\text{AgNO}_3(aq)$  與  $\text{KI}(aq)$  形成  $\text{AgI}(s)$ ， $\text{K}^+$  與  $\text{NO}_3^-$  不會被吸附在  $\text{AgI}(s)$  的膠核表面。若是  $\text{AgNO}_3(aq)$  過量，則  $\text{AgI}$  的膠核表面會吸附  $\text{Ag}^+$ ，如圖 1 所示。此時此一粒子帶正電，

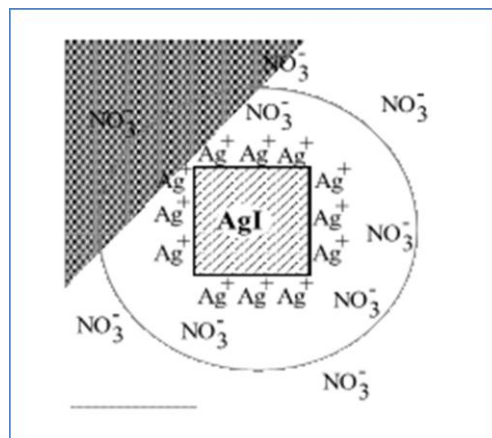


圖 2：再吸附屬於相反電荷的  $\text{NO}_3^-$ ，  
而  $\text{NO}_3^-$  分成內層的吸附層離子  
和外層的擴散層離子。

( 圖片來源：參考資料 1 的 Fig.17.2a )

因此吸附溶液中帶相反電荷的離子，即  $\text{NO}_3^-$ ，而  $\text{NO}_3^-$  又分成吸附層中的  $\text{NO}_3^-$  ( 此稱為 bound counter ions ) 和擴散層中的  $\text{NO}_3^-$  ( 此稱為 free counter ions )，如圖 2 所示。可見前者是「緊密」吸附而後者是「鬆散」吸附。

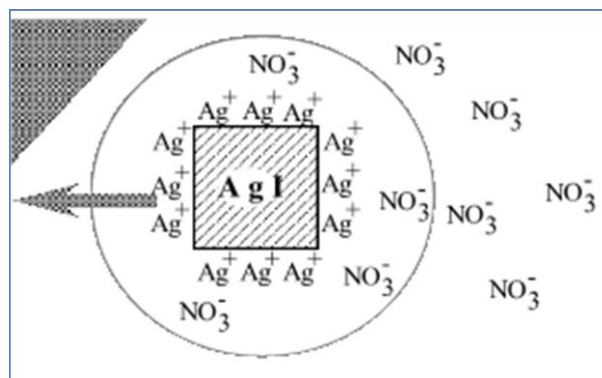


圖 3：通電時，吸附層  $\text{NO}_3^-$  移向負極，  
擴散層  $\text{NO}_3^-$  移向正極

( 圖片來源：參考資料 1 的 Fig.17.2a )

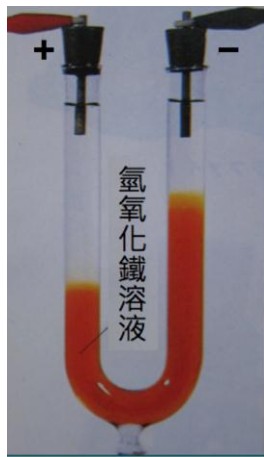


圖 4：通電後，帶正電的氫氧化鐵溶膠移向負極(第五期的「膠體」一文的圖 12)

當膠體溶液通電時，則內層的吸附層  $\text{NO}_3^-$  跟著膠核移向負極，而外層的擴散層  $\text{NO}_3^-$  移向正極，如圖 3 所示，可驗證兩者於膠體溶液中有差異性。也對本刊第五期「通電後，帶正電的氫氧化鐵溶膠移向負極」，如圖 4 所示，做出說明。

前述「回饋-2」提及：「除膠核僅能吸附特定粒子，吸附層與擴散層確實應該有帶不同電荷的離子被吸附，僅是數量有多少之別」。圖 5 為氯化銀 ( $\text{AgCl}$ ) 在過量的硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ ) 溶液與 0.1 M 硝酸中吸附各種離子的示意圖。圖中可看到結晶態的  $\text{AgCl}$  表面僅吸附與其結構相同的離子  $\text{Ag}^+$  與  $\text{Cl}^-$ ，由於溶液中存在過量的硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ )，因此結

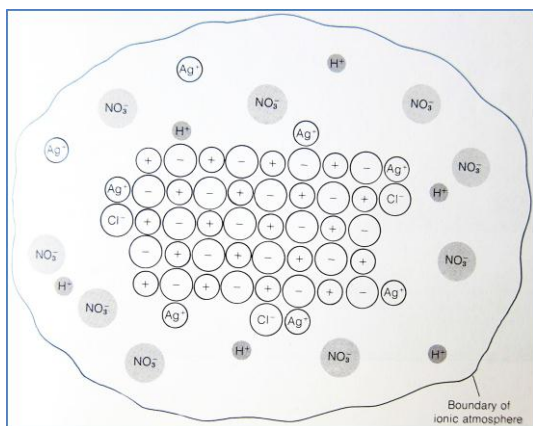


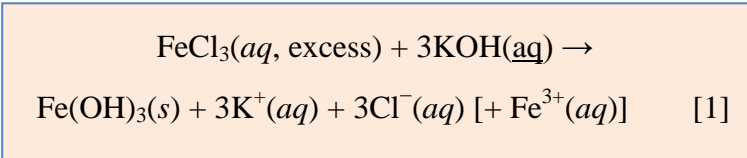
圖 5：膠核吸附粒子的示意圖 (圖片來源：參考資料 2 的 Fig.8.2)

晶態的  $\text{AgCl}$  表面吸附較多的  $\text{Ag}^+$  而帶正電，此一膠核再吸引帶負電荷的  $\text{NO}_3^-$ ，但同時也有  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{H}^+$  在其間，可說明實際吸附狀況。

接著，說明當膠體溶液形成時，某一物質過量時的帶電情況。

A. 以氯化鐵 ( $\text{FeCl}_3$ ) 溶液與氫氧化鉀 ( $\text{KOH}$ ) 溶液混合為例：

1. 若是  $\text{FeCl}_3$  過量，則其化學反應，如式[1]所示：



其膠團的示意圖，如圖 6 所示：

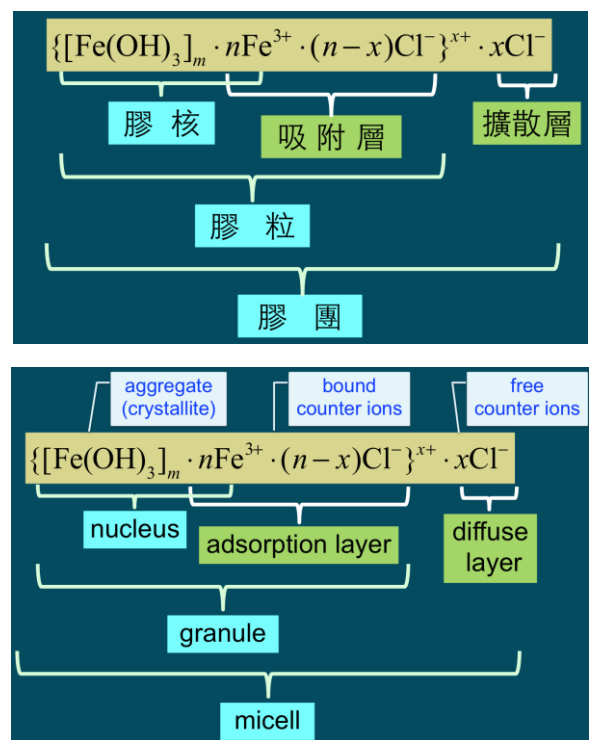
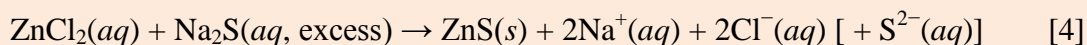
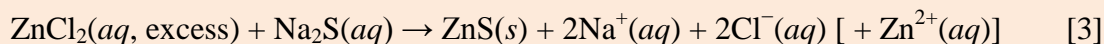
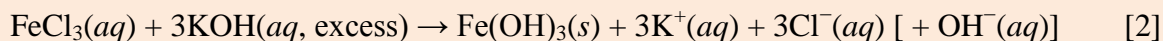


圖 6： $\text{FeCl}_3$  過量時形成膠體粒子的中英文對照圖

2. 若是  $\text{KOH}$  過量，則其化學反應如式[2]所示：



其膠團的示意圖，如圖 7 所示：

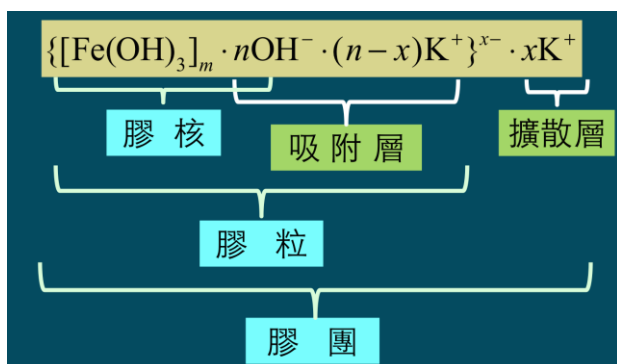


圖 7：KOH 過量時形成的膠體粒子

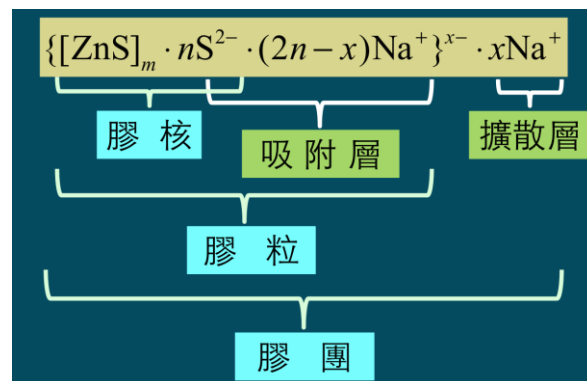


圖 9： $\text{Na}_2\text{S}$  過量時形成的膠體粒子

B. 再以氯化鋅 ( $\text{ZnCl}_2$ ) 溶液與硫化鈉 ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) 溶液混合為例：

1. 若是  $\text{ZnCl}_2$  過量，則其化學反應如式[3]所示：

其膠團的示意圖，如圖 8 所示：

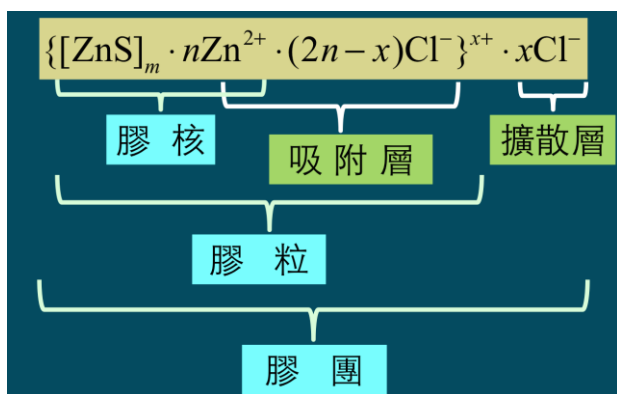


圖 8： $\text{ZnCl}_2$  過量時形成的膠體粒子

2. 若是  $\text{Na}_2\text{S}$  過量，則其化學反應，如式[4]所示：

其膠團的示意圖，如圖 9 所示：

總結上述內容，應該可說對「膠體溶液的帶電性」做了更詳細的說明。在此再度感謝該位「低調」的老師的回饋，使本文能更翔實，也期望其他讀者若對這方面有更好的見解，請繼續提供建議，讓我們這群任教於高中化學的老師，能對學生有正確的表述內容。

## ■ 參考資料

1. A. Rauhvargers, General Chemistry for Medical Students I, Riga, 1993.
2. Daniel C. Harris, Quantitative Chemical Analysis, 3<sup>rd</sup> Ed., New York: M. H. Freeman and Company, 1991.
3. 膠體及界面化學入門 (Introduction to Colloid and Surface Chemistry 4/e), Duncan J. Shaw 原著，張有義、郭蘭生編譯，高立圖書有限公司。